

Revitalisation et assainissement des cours d'eau en Valais. Etude préliminaire dans les bassins versants des trois Dranses

par David Theler²

Bull. Murithienne 122 : 77-88

Revitalisierung und Sanierung des Gewässer im Wallis. Vorstudie in den Einzugsgebieten der drei Dranses

– Die Nutzung der Wasserkraft hat die Hydrologie und die Ökosysteme zahlreicher alpiner Wasserläufe verändert. Da sich die Konzessionen über eine lange Dauer erstrecken hat das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) für die Umsetzung der Massnahmen eine Sanierungsfrist bis ins Jahr 2007, mit Verlängerung bis ins Jahr 2012, festgelegt, um den Zustand der gefassten Flässe zu verbessern. Inspiriert vom Modul-Stufen-Konzept wurde im Wallis eine Richtlinie durch die Dienststelle für Wasserkraft ausgearbeitet, die erlaubt, die Gesamtheit der gesetzlichen Bestimmungswerkzeuge zu behandeln und eine Umweltdiagnostik der Wasserläufe nach den Empfehlungen des BUWAL zu erstellen. Die Methodologie der Richtlinie wurde in den Einzugsgebieten der drei Dranses angewendet.

Schlüsselwörter Neubelebung, Sanierung, Hydrologie, Ökomorphologie, Dranses, Wallis

Revitalisation et assainissement¹ des cours d'eau en Valais. Etude préliminaire dans les bassins versants des trois Dranses

– L'exploitation de l'énergie hydraulique a modifié l'hydrologie et les écosystèmes de nombreux cours d'eau alpins. Comme les concessions sont de longue durée, la Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) a fixé un délai d'assainissement initialement en 2007, puis prolongé jusqu'en 2012, pour la réalisation de mesures de revitalisation pour améliorer l'état des rivières captées. En Valais, une directive a été élaborée par le Service des Forces Hydrauliques qui permet de traiter l'ensemble des outils législatifs à disposition et d'établir un diagnostic environnemental des cours d'eau d'après les recommandations de l'OFEFP, en s'inspirant du système modulaire gradué suisse. La méthodologie de la directive a été appliquée dans les bassins versants des trois Dranses.

Mots clés

revitalisation, assainissement, hydrologie, écomorphologie, Dranses, Valais

Revitalization and sanitation of the rivers in Valais. Preliminary study in the watersheds of the three Dranses

– Hydropower exploitation has considerably modified ecosystems and hydrology of many alpine rivers. As the concessions are delivered for a long time period, the federal law of water protection (LEaux) has fixed a sanitation delay in 2007 extended to 2012 improve the evaluate the situation of the collected rivers. In the canton of Valais (Switzerland), a directive has been elaborated by the cantonal department of the hydraulic forces to treat the legal tools and to establish an environmental diagnosis based on the Swiss graduated modular system. The methodology of the directive has been applied in the watersheds of the three Dranses.

Keywords

revitalization, sanitation, hydrology, ecomorphology, Dranses, Valais

¹ Au sens de l'article 80 al. 1 et 2 LEaux (du 24 janvier 1991, état du 6 avril 2004)

² Institut de Géographie, Université de Lausanne, CH – 1015 Dorigny

INTRODUCTION

Sur mandat du service des forces hydrauliques de l'Etat du Valais, un mémoire de licence (THELER 2003) a porté sur une analyse des hydrosystèmes des bassins versants des trois Dranses, qui concernait :

- une description détaillée, pour chaque bassin versant, des aménagements hydroélectriques, une analyse hydrologique pour déterminer les Q347³ naturels et actuels au droit des prélèvements et le long des tronçons à débits résiduels, la détermination des régimes des cours d'eau captés ainsi qu'une analyse morphologique mettant en évidence les phénomènes d'érosion et de dépôt et la modification de la dynamique naturelle du cours d'eau par les prélèvements;
- une évaluation écomorphologique des Dranses de Bagnes, d'Entremont, de Ferret et de la Dranse en aval de Sembrancher jusqu'à sa confluence avec le Rhône (**fig. 1**), en appliquant le premier module de la méthode élaborée par le canton du Valais, à savoir le « Diagnostic Environnement » qui reprend certains critères d'évaluation du système modulaire gradué suisse et en utilisant la base de données qui lui est liée (BD-Eaux).

En plus d'un réseau hydrographique fortement développé et diversifié, l'intérêt de cette région porte aussi sur le fait que sept sociétés hydroélectriques y sont implantées. Les impacts environnementaux liés à l'exploitation de l'énergie hydraulique sont variés et complexes et illustrent bien les problèmes et conflits auxquels sont confrontées la plupart des vallées alpines. Cet article abordera de manière générale la problématique de l'assainissement des cours d'eau en Valais puis de façon plus détaillée l'état des captages et des restitutions dans les bassins des Dranses de Bagnes, d'Entremont et de Ferret. Quelques impacts environnementaux liés aux purges et aux réductions de débit sont présentés. Enfin, un chapitre abordera la question de la revitalisation des cours d'eau et les concepts de protection contre les crues qui y sont associés, puis dressera un état des lieux des Dranses avec quelques mesures envisagées pour améliorer la situation actuelle.

L'assainissement des cours d'eau

L'hydrologie des cours d'eau alpins a été profondément modifiée par l'homme au cours du dernier siècle. Les ouvrages de protection contre les crues, l'augmentation des besoins en eau, l'imperméabilisation progressive des surfaces et l'exploitation de l'énergie hydraulique ont en effet bouleversé de nombreux hydrosystèmes. Aujourd'hui, ce ne sont pas moins de 79 % de la distance parcourue par les rivières alpines qui sont aménagés à des fins hydroélectriques (TÖDTER 1998) alors qu'en Suisse, l'écoulement des cours d'eau est affecté

par des réductions de débits sur une longueur de 4000 à 5000 km, soit 10 % de la longueur totale du réseau fluvial (SPREAFICO *et al.* 1992). En Valais, sur un total d'environ 4000 km de petits et grands cours d'eau, environ 630 km sont touchés de façon importante par des dérivations, dont 350 km où les prélèvements représentent 80 % et plus du débit moyen annuel naturel. Comme les concessions octroyées pour l'utilisation des forces hydrauliques sont de longue durée⁴ et que la situation des cours d'eau captés ne pourra être améliorée que lors de leur échéance, la Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) du 24 janvier 1991 exige qu'un assainissement des cours d'eau influencés sensiblement par des prélèvements soit effectué avant l'échéance des concessions, en prescrivant aux cantons l'obligation d'établir en premier lieu un inventaire des prélèvements existants, accompagné d'un rapport indiquant l'étendue et la nature des mesures d'assainissement nécessaires. La LEaux précise que l'assainissement doit être terminé à fin 2012 au plus tard.

Pour traiter de manière homogène et complète ces mesures et cet ensemble d'instruments législatifs, le canton du Valais a édicté une directive pour les rapports d'assainissement (SFH 2002b). Celle-ci, élaborée dans un esprit de gestion intégrée de l'eau à l'échelle du bassin versant conformément au Plan directeur cantonal, est basée sur les méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse (OFEFF 1998a & b; PETER 2001b). La démarche pour l'établissement des rapports d'assainissement a débuté en Valais par un inventaire des prélèvements en 1995 et s'est poursuivie par l'étude pilote des bassins versants de la Lonza, la Borgne, la Lienne et la Viège de Saas jusqu'en 2004. Suivront les consultations et la pesée des intérêts jusqu'en 2006, les rapports d'assainissement par groupes de bassins versants jusqu'à fin 2006 selon l'art. 82. al. 3 LEaux et finalement le plan d'assainissement jusqu'au début 2007 selon l'art. 82. al. 3 LEaux. Le canton du Valais entend inscrire ces rapports d'assainissement dans une démarche globale de gestion des cours d'eau, en s'appuyant également sur des mesures de revitalisation des cours d'eau, dont le potentiel s'élève en Suisse à près de 12 300 km soit environ 20 % de la longueur totale du réseau hydrographique helvétique (PETER 2001a).

³ Le Q347 est le débit d'un cours d'eau atteint ou dépassé, en moyenne, pendant 347 jours par an, soit le 95 % du temps.

⁴ L'article 58 de la Loi sur l'utilisation des forces hydrauliques du 22 décembre 1916 fixe en effet la durée d'une concession à quatre-vingts ans au plus, à compter de la mise en service de l'aménagement.

MÉTHODES

L'évaluation écomorphologique des Dranses a été réalisée à l'aide du diagnostic environnemental. Il s'agit d'une méthode élaborée en 1999 par un groupe de bureaux d'études mandaté par cinq services de l'Etat du Valais. L'objectif est d'établir un état de référence du cours d'eau pour évaluer l'assainissement futur, en définissant les déficits écologiques, leur nature, leur répartition géographique, leurs origines ainsi qu'en répertoriant d'autres atteintes telles que les rejets d'eaux usées, etc. Les paramètres évalués pour chacun des tronçons de cours d'eau délimités se basent sur les recommandations de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFFEP 1998a et b; PETER 2001b) et se répartissent en six modules: l'écomorphologie (14 paramètres, qui désignent les conditions structurelles du cours d'eau et des berges); l'hydrologie et le régime des crues (5); la qualité de l'eau (12); l'hydrobiologie et les poissons (12); les milieux alluviaux et riverains (4) et le paysage (4). Un parcours intégral des quatre rivières, entrepris durant les mois d'avril et de mai 2003 avant les hautes eaux estivales, a permis de définir 168 tronçons homogènes répartis sur plus de 80 kilomètres et ainsi mettre à jour un catalogue des atteintes aux hydro-systèmes. La sectorisation de la rivière se fait sur des critères tels qu'un changement important de la pente ou du profil de la rivière, une modification des berges en fonction des aménagements et de la nature du milieu riverain, les affluents, les rejets ou les prélèvements. Enfin, la cartographie géomorphologique a permis de mettre en évidence les zones de dépôts et d'érosion dans le cadre de l'analyse morphologique des bassins versants. En règle générale, les mesures entreprises doivent permettre d'améliorer d'un point – sur une échelle de 4 – la note de valeur écologique globale ou de réduire d'un point la note de déficit écologique global du cours d'eau (SFH 2002b). L'objectif de l'aménagement final de la rivière est d'approcher l'état «naturel ou proche du naturel» (classe I) ou un état «peu atteint» (classe II). A l'issue de la concrétisation du plan d'assainissement, aucun cours d'eau valaisan ne devrait être classé en catégorie IV «dénaturé, artificialisé», pour autant que la situation soit due à un prélèvement soumis à un assainissement.

ZONE D'ÉTUDE

Parmi les quatorze bassins versants ou groupes de bassins versants délimités dans le cadre de l'assainissement des cours d'eau (SFH et al. 2002a), la zone étudiée est considérée comme prioritaire. Les Dranses de Bagnes, de Ferret et d'Entremont et à l'aval de Sembrancher drainent les eaux de quatre bassins versants en rive gauche du Rhône dans les Alpes valaisannes penniques, couvrant une superficie d'environ 675 km², parcourus par plus de 260 km de rivières et torrents. Sept sociétés hydro-électriques exploitent quarante-deux captages, auxquels il convient d'ajouter six centrales de production électrique. A l'image de nombreuses régions alpines, les bassins versants des Dranses ont connu un engouement marqué pour l'exploitation de leurs ressources hydriques⁵, qui commence en 1929 lorsque la société EOS construit l'usine de Champsec dans le Val de Bagnes et quand Romande Energie se met à turbiner les eaux de la Dranse d'Entremont et de la Dranse de Ferret à Orsières (fig. 1). Dans les Dranses et comme pour la plupart des cours d'eau captés, la problématique des débits résiduels est prédominante car elle a un impact marqué sur les processus hydrologiques et géomorphologiques et concerne des domaines aussi variés que la conservation des biotopes naturels tels que les zones alluviales alpines, la protection du paysage, le régime des eaux souterraines, la qualité des eaux superficielles, le charriage des sédiments, le maintien de la faune aquatique et la sécurité des personnes.

CAPTAGES HYDROÉLECTRIQUES

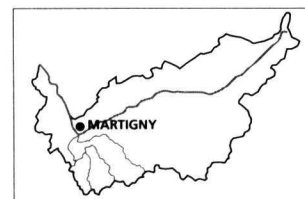
Etat des captages et des restitutions

Dans le Val de Bagnes, les captages hydroélectriques (fig. 1) des Forces Motrices de Mauvoisin (FMM) représentent environ 85 % du débit naturel de la Dranse en été et 60 à 80 % en hiver, les 20 % restants servant essentiellement à l'irrigation et à l'eau potable (REYNARD & MAUCH 2003). Aujourd'hui, la situation de la rivière à l'aval des prélèvements s'est sensiblement améliorée. En effet, lors du retour de concession de la centrale de Champsec⁶ en 1988, deux oppositions émanant l'une de Pronatura et l'autre du WWF ont été déposées, revendiquant que des débits minimaux soient précisés dans l'acte de concession (REYNARD & MAUCH 2003). Depuis 1995, 12 millions de m³ par an sont ainsi octroyés à l'aval de la prise de Fionnay. Il faut ajouter à ces dotations un débit résiduel de 50 l/s au pied du barrage de Mauvoisin, qui est garanti depuis 1992 suite aux revendications du WWF lors de la mise à l'enquête du projet de surélévation du barrage⁷, mais qui s'avère très faible en raison d'un fort taux d'infiltration à l'aval immédiat du barrage. A Champsec, 13.6 millions de m³ doivent être garantis et au Châble, un débit de 3 m³/s du 1^{er} mai au 31 août et de 2 m³/s en septembre est restitué. Enfin, une dotation de 50 l/s est

5 Aujourd'hui, l'énergie hydroélectrique fournit 60 % de la production électrique suisse (OFEG 2003). Elle provient d'environ 500 centrales et plus de 1100 petites installations. En Valais, 20 barrages, dont 14 avec accumulation saisonnière, peuvent stocker 1150 millions de m³ d'eau provenant d'une superficie totale de 1395 km² soit 27 % du bassin versant du Rhône (FMM 1993; EMMENEGGER & SCHÄDLER 1995).

6 Il s'agit du premier retour de concession en Valais (REYNARD & MAUCH 2003).

7 Le bilan des arrangements comportait également une zone humide de 2 ha à l'aval du barrage et deux zones humides à Bonatchiesse d'environ 5 ha, alimentées par des eaux navales pour éviter une sédimentation trop importante des plans d'eau.



FMM Forces Motrices de Mauvoisin	BAGNES	<ul style="list-style-type: none"> Mauvoisin (Dranse): 50 l/s Sévereu (Dâ): 50 l/s de 9h à 21h du 1^{er} juillet au 15 septembre (cascade artificielle) Fionnay (Dranse): 100 l/s de décembre à mars, 200 l/s de novembre à avril, 300 l/s d'octobre à mai, 500 l/s en juin, 900 l/s en juillet, 585 l/s en août et 400 l/s en septembre Châble (Dranse): 3 m³/s du 1^{er} mai au 31 août et 2 m³/s en septembre Champsec (Dranse): 13.6 mio m³
FMO Forces Motrices d'Orsières dès 2005	ENTREMONT	<ul style="list-style-type: none"> Tsi (Dranse): 360 l/s Pallazuit (Dranse): 310 l/s A: abandon du captage Sources d'Aron: abandon du captage
ESA Emosson SA	FERRET	<ul style="list-style-type: none"> Fouly (Dranse): 300 l/s du 1^{er} juin au 30 septembre Saleina (Reuse): 500 l/s entre le 1^{er} juin et le 30 septembre entre 8h et 20h et 200 l/s le reste du temps.
FMO		<ul style="list-style-type: none"> Praz-de-Fort (Dranse): débit résiduel à garantir
FMMB dès 2005 ?	AVAL	<ul style="list-style-type: none"> Trappistes (Dranse): 1.25 m³/s
RE; TSB; FMGB		Aucune mesure prise ou prévue

TABLEAU 1 – Débits de dotations restitués ou prévus dans les mesures d'assainissement.

cédée du 1^{er} juillet au 15 septembre à l'aval de la prise de Sévereu en amont du village de Fionnay pour créer une cascade artificielle sur le Dâ, à des fins touristiques.

Dans le Val d'Entremont, les Forces Motrices d'Orsières (FMO) diminuent de manière considérable les débits à l'aval des installations des Forces Motrices du Grand St-Bernard (FMGB) et de la société Tunnel du St-Bernard (TSB). A l'aval du bassin de compensation de Pallazuit (FMGB), des déversements ont lieu en moyenne 90 jours par année, étalés d'avril à octobre lorsque la prise d'eau et le bassin sont saturés. La crue annuelle ne représente plus que 50 % environ de la crue naturelle, tandis qu'en avril le débit déversé moyen correspond à 6 % du débit naturel. De novembre à mars, l'écoulement résiduel à l'aval de Pallazuit est nul même si depuis peu, quelques dizaines de l/s s'écoulent en aval de la prise sur la Dranse. D'octobre à mars, les volumes écoulés dans le torrent de l'A en amont de Vichères sont captés dans leur totalité. Même si les FMO se sont engagées à garantir en tout temps à partir de juillet 2005 des débits minimaux à Pallazuit et à la Tsi et à abandonner le captage sur le torrent de l'A (FMO 1991), cette situation se limitera toutefois aux tronçons concernés par les captages des FMO, puisque ces eaux sont ensuite dérivées à Orsières par la Romande Energie et puis par les Forces Motrices de Martigny-Bourg (FMMB) à Sembrancher (**fig. 1**). Romande Energie n'est pas tenue de servir un débit de dotation à la retenue d'Orsières ni de prolonger les dotations en aval des prises FMO, jusqu'au retour de concessions (en 2015). Seuls les surplus des 6.8 m³/s correspondant au débit d'équipement de l'ouvrage sont restitués à l'aval de la retenue.

Dans le Val Ferret, plus de la moitié du tracé du cours d'eau principal est affectée par des diminutions importantes de débit (ROSSET 1990). L'exploitation des eaux du Val Ferret débute en août 1931 par l'intervention des FMO et le captage des eaux de la Reuse de Saleina. Dès 1974, année de la mise en service des prises d'Emosson SA (ESA) en amont des installations existantes, la situation se modifie considérablement. Alors que les prises FMO ont été dimensionnées pour répondre aux besoins énergétiques de l'époque, les prises ESA sont conçues pour capter un débit proche du débit maximal (ROSSET 1990) et dévient les 4/5 des eaux du Val Ferret soit environ 100 millions de m³ par an par le Collecteur EST, en direction de la centrale de Châtelard-Vallorcine dans la vallée du Trient. Emosson a en effet la possibilité de stocker les eaux dans le bassin de compensation des Esserts dans la vallée de l'Eau Noire, à l'inverse de la Compagnie des Forces Motrices d'Orsières qui ne possède pas de bassin d'accumulation et doit par conséquent turbiner au fil de l'eau. Les débits s'écoulant à l'aval des prises d'Emosson sont donc faibles ou nuls, comme c'est le cas à La Fouly et à Saleina, où ils sont limités aux débits de dotation qu'Emosson doit restituer à ces deux cours d'eau⁸. Il a été proposé que ces débits de dotation soient concentrés de juin à septembre pendant la crue estivale dans le but de recréer un régime de crues et préserver le caractère pionnier de la zone

8 En guise de compensation, Emosson verse cependant 6.8 millions de KWh à la Romande Energie et plus de 20 millions KWh aux FMO

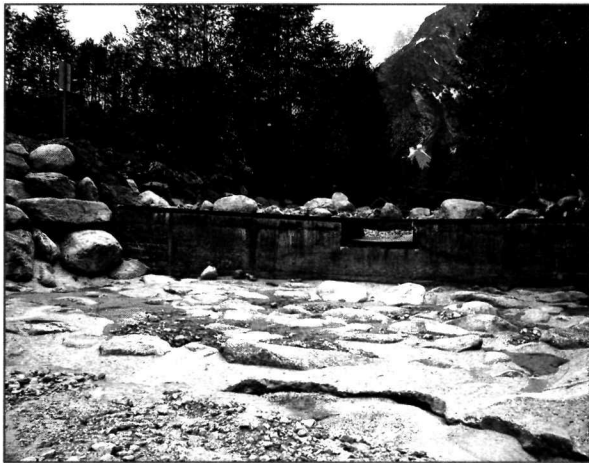


PHOTO 1 – La Dranse de Ferret en aval de la prise d'eau de la Fouly, le 27 mai 2003. – PHOTO DAVID THELER



PHOTO 2 – Erosion du cône de déjection du torrent du Thollent. – PHOTO DAVID THELER

alluviale du Lavery. Les deux prises FMO situées plus en aval ne captent donc plus que les débits minima légaux restitués aux rivières par Emosson. Les observations faites sur le terrain ont même révélé qu'un captage sauvage a été installé par les FMO dans le chenal d'écoulement du torrent du Thollent, de manière à en dévier les eaux vers la prise de Branche.

En aval de Sembrancher, EOS, avec l'usine de Martigny-Bourg, était au bénéfice d'une concession dont l'échéance arrivait en 2000. En aval de la retenue des Trappistes, moins de 20 % du débit moyen annuel naturel s'écoule encore, puisque aucune obligation de restituer à l'aval un débit minimal de dotation n'était fixée. Seuls les débits supérieurs aux 10 m³/s dérivés (débit d'équipement) étaient restitués à la rivière sous forme de déversements. Selon le projet de la nouvelle concession qui serait délivrée aux Forces Motrices de Martigny-Bourg (FMMB), un débit de dotation fixé à 1,25 m³/s doit être maintenu tout au long de l'année, afin de diminuer la sédimentation des matériaux et un colmatage qui nuirait aux frayères potentielles, tout en assurant une meilleure oxygénation du cours d'eau ainsi que des profondeurs plus importantes permettant un meilleur maintien, la croissance et surtout la migration des poissons. A ce jour, aucun débit de dotation n'est restitué car la concession n'a pas été approuvée dans les temps, par application de l'article 28 de la Loi cantonale sur l'utilisation des Forces Hydrauliques (LFH (2)) du 28 décembre 1990 (RS 721.80) qui autorise l'exploitation de l'ouvrage pendant cinq ans, suite au recours du WWF Suisse. Actuellement, le rapport est toujours au Tribunal Fédéral.

Impacts des débits résiduels

Toute modification du régime hydrologique d'un cours d'eau entraîne des répercussions sur l'écosystème. Le maintien d'une certaine variabilité hydrologique garantit notamment les connexions longitudinale et

latérale, qui permettent les circulations migratoires des poissons et des macroinvertébrés ainsi que les relations entre le lit mineur et les espaces du lit majeur, bras secondaires et forêts alluviales. Les débits d'inondation sont vitaux pour les zones alluviales en répartissant les sédiments fins et en maintenant le caractère pionnier des ripisylves. La fluctuation des débits au cours des saisons agit sur les horloges biologiques comme le frai des salmonidés. La réduction du débit a plusieurs conséquences sur les habitats piscicoles qui dépendent principalement des hauteurs d'eau, des vitesses de courant et de la qualité du substrat; elle influence aussi les possibilités de reproduction naturelle, de même que le comportement des poissons. Ainsi, dans de nombreux tronçons de cours d'eau, aucune valorisation piscicole n'est possible. A l'aval du captage de La Fouly (ESA) dans le Val Ferret par exemple, la faune aquatique a disparu sur plus de 10 kilomètres malgré un débit résiduel faiblement soutenu par l'écoulement sporadique des torrents situés en rive droite (photo 1).

Les réductions de débit diminuent aussi la capacité de transport du cours d'eau et entraînent un colmatage des substrats du lit de la rivière par les sédiments fins. Les investigations entreprises sur le terrain ont révélé que seuls les tronçons en amont des captages et des barrages en sont épargnés. Les débits captés dans le Val Ferret sont tels que la Dranse ne parvient plus à évacuer ses propres alluvions (ROSSET 1990) ni les matériaux déposés par les avalanches, les cônes d'éboulis et autres laves torrentielles de la rive gauche. Il en résulte un exhaussement du lit atteignant jusqu'à 18 mètres à Prayon.

La situation s'aggrave localement lorsque ces apports repoussent la Dranse en rive droite, érodant la base des grands cônes de déjection. Des glissements de terrain sont apparus et pourraient, par érosion régressive, mettre en péril certaines habitations des villages de Prayon et de Branche (photo 2).

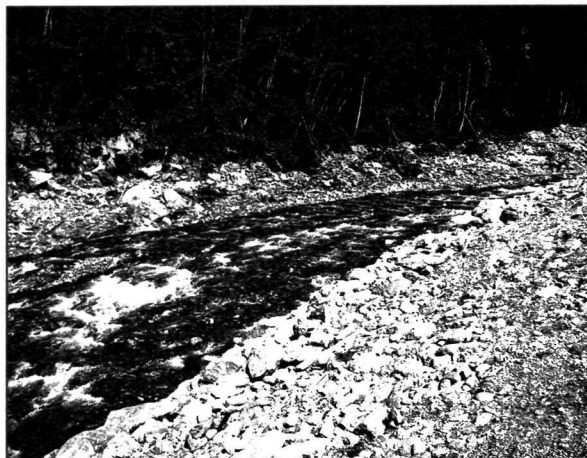


PHOTO 3 – La Dranse de Bagnes en amont du camping de Champsec. Ce secteur a été curé pour favoriser l'écoulement des eaux de la Dranse. Photo prise le 25 avril 2003.

PHOTO 4 – Photo prise le 21 juin 2003 lors de la purge des bassins de compensation de Fionnay. – PHOTOS DAVID THELER



PHOTO 5 – Dépôts de sédiments extraits du bassin de décantation de La Fouly au-dessus du village de l'Amône. Cette zone sera recouverte à terme par 60 000 m³ de sédiments. – PHOTO DAVID THELER

Impacts des purges

Les opérations de purge et de vidange sont de fréquences variables mais nécessaires, car la création d'un bassin de retenue interrompt la dynamique de transport du cours d'eau et provoque un dépôt des sédiments charriés et des matières en suspension. Le bon fonctionnement d'une retenue peut être entravé, avec une perte de volume estimée à plus d'1 % chaque année (OFEFP 1994). Dans le barrage de Mauvoisin par exemple, l'atterrissement est un problème très sérieux pour les FMM car le taux de sédimentation y atteint des valeurs de 30 à 40 centimètres par année soit un volume d'environ 330 000 m³. Face à la vague d'oppositions qu'a soulevée le projet de vidange complète du barrage en 2004, les FMM ont décidé d'y renoncer car les impacts temporaires sur l'environnement ont été jugés non supportables. Un rinçage annuel du lit de la Dranse, coordonné avec les purges des deux bassins de compensation de Fionnay est effectué en été : 800 000 m³ sont relâchés à cette occasion pour contrôler le bon fonctionnement des organes de sécurité du barrage de Mauvoisin et effectuer un curage du lit de la rivière (photos 3 et 4).

Les opérations de purge ont toujours des répercussions sur les organismes aquatiques, quelle que soit la morphologie du cours d'eau à l'aval et varient selon le site, la nature et la taille de la retenue (OFEFP 1994). Les dommages écologiques que les purges engendrent dépendent de l'ampleur du stress hydraulique, des concentrations de matières en suspension et de la durée d'exposition mais aussi de l'importance de la charge physico-chimique des sédiments libérés, qui peut être particulièrement toxique pour la faune piscicole (OFEFP 1994). Dans la Dranse d'Entremont, la purge, chaque quatre ans, du barrage des Toules occasionne depuis 1998 des dégâts considérables sur la faune piscicole jusqu'à Bourg St-Pierre (THELER 2003, 2004). Bien que les prises d'eau des torrents situés en rive droite en aval du barrage soient mises hors service pour permettre une dilution de la purge, des pics de matières en suspension ont atteint 100 ml/l à Bretemort (581.950/087.290) et des valeurs de 25 à 30 ml/l⁹ ont même été enregistrées à La Douay (soit près de 18 km en aval du barrage) vraisemblablement en raison d'un débit de dilution insuffisant fourni en aval de la retenue d'Orsières par Romande Energie.

Les purges modifient la granulométrie et le substrat du lit de la rivière en le rendant uniforme sur certains secteurs. Ainsi, en aval des barrages des Toules et de Mauvoisin, la morphologie du substrat n'est constituée que de graviers. Dans le Val Ferret, les sédiments qui s'accumulent en amont des captages ont même un impact sur le paysage local puisque 20 000 m³ de sédiments sont

9 L'Arrêté sur les purges, vidanges de bassins et galeries de retenues et le curage des cours d'eau du 23 octobre 2002 (RS 721.805) indique qu'une valeur de 10 ml/l s'accompagne d'une durée d'exposition limite maximale de 12 heures. Les durées maximales d'exposition sont respectivement de 6, 3, 1.5 et 0.5 heure(s) à 20, 30, 40 et 80 ml/l.

extraits annuellement du bassin de décantation de La Fouly pour être répartis sur des prés, en amont du village de l'Amône. Une nouvelle flore s'est développée en raison des caractéristiques lithologiques différentes des matériaux déposés (**photo 5**).

REVITALISATION

Dans de nombreux pays d'Europe et d'Amérique du Nord, la revitalisation des cours d'eau gagne en importance depuis quelques années (PETER 2001a). Remises à ciel ouvert de tronçons couverts, rétablissement de la migration piscicole, végétalisation des rives, élargissement et structuration du lit sont censés améliorer la qualité des habitats et les conditions de vie des communautés que les cours d'eau abritent (OFEFP 2002). Ces interventions visent à :

- la restauration des processus écologiques et des éléments biologiques (espèces, populations) ayant caractérisé le site par le passé;
- l'amélioration notable des structures en fonction de l'écosystème;
- la restauration ou l'amélioration notable de la diversité biologique naturelle;
- la restauration de la connectivité des cours d'eau;
- la restauration de la végétation des rives.

Par rapport à ces objectifs, un état des lieux a été dressé et quelques mesures ont été proposées pour les Dranses. Les relevés écomorphologiques ont montré que dans la plupart des cas, les atteintes observées sont directement liées aux ouvrages de protection contre les crues.

Protection contre les crues

La Confédération consacre chaque année quelques 70 millions de francs aux mesures de protection contre les crues (OFEF 2003). Etant subordonnées aux impératifs de la sécurité, les mesures de revitalisation ont désormais un lien direct avec la protection contre les crues et sont obligatoirement coordonnées avec l'aménagement des cours d'eau (OFEFP 2002). Cependant, à la suite des intempéries d'octobre 2000, le lit mineur des Dranses a dû être dégagé et des endiguements importants ont été entrepris par des enrochements, entraînant souvent la suppression du lit majeur. Les berges du tronçon Orsières – Sembrancher et le secteur aval jusqu'au lieu-dit Les Trappistes ont été surélevées et massivement réaménagées par des enrochements. Dans le premier secteur, sans distinction de la rive gauche et de la rive droite, ce sont près de 84 % de la longueur comprise entre la confluence de la Dranse d'Entremont avec la Dranse de Bagnes jusqu'à la retenue Romande Energie d'Orsières qui ont été aménagés de la sorte, avec comme conséquences directes la diminution ou la suppression de la variabilité de la largeur du lit mouillé, du lit majeur et de la dynamique des berges. Dans la Dranse de Ferret, le

tronçon en aval d'Issert a été élargi et ses berges enrochées tandis que dans la Dranse en aval, la rive gauche en amont de Martigny-Combe a été complètement stabilisée.

Or, ces mesures dites «d'urgence» sont entreprises sans tenir compte des prescriptions légales en matière d'aménagement des cours d'eau, notamment par rapport



PHOTO 6 – Curage du lit de la Dranse de Bagnes et réaménagement des berges en amont du village de Montagnier.
PHOTO DAVID THELER

à l'article 6 de l'Ordonnance sur l'aménagement des cours d'eau (OACE) du 2 novembre 1994, qui définit en priorité que «les mesures visant à rétablir la dynamique naturelle des eaux et la trame des habitats naturels, en particulier les remises à ciel ouvert et la création, en quantité suffisante, de zones tampon et de transition entre la terre ferme et l'eau, sont prioritaires». De cet article découlent les valeurs limites à respecter pour le lit majeur et les différentes bandes de divagation (OFEF 2001; 2002). Plusieurs secteurs de la Dranse de Bagnes et de la Dranse d'Entremont ont également subi des curages de leur lit. Sous le village de Lourtier, à la hauteur du camping de Champsec, en aval du village de Versegères et du Châble, en amont du village de Montagnier (**photo 6**) et de la confluence avec Dranse d'Entremont et à Pallazuit, tous les gros blocs, éléments favorables au maintien de la faune piscicole, ont été retirés.

Certains des paramètres évalués dans le module «écomorphologie» du diagnostic environnemental illustrent les impacts liés aux ouvrages de protection contre les crues. La variabilité de la largeur du lit mouillé donne par exemple des renseignements sur la diversité structurale du lit et sur les liaisons eau-terre (Directives cantonales en vue de l'application de l'art. 80 de la LEaux). Une grande variabilité implique aussi des profondeurs d'eau différentes et traduit en même temps une diversité des courants et des granulométries du lit favorables aux poissons. La structure et la morphologie des fonds fournissent des indications sur la typicité des substrats qui servent à stabiliser le fond du lit. Leur anthropisation



PHOTO 7 – Seuil sur la Dranse en amont de Martigny-Bourg. – PHOTO DAVID THELER

constitue l'atteinte la plus grave à la capacité écologique fonctionnelle d'un cours d'eau (OFEFP 1998b). Lors d'aménagements du lit à l'aide de béton par exemple, ce dernier n'a plus de structure et les échanges entre le cours d'eau et la nappe phréatique sont totalement interrompus. Ces cas de figure ne se rencontrent que très rarement dans les hydrosystèmes étudiés. Malgré une volonté manifeste de la part des autorités communales et cantonales de faciliter le charriage des Dranses (élimination des gros blocs et curages à l'aide d'engins mécaniques de certains secteurs), le lit est faiblement aménagé. Globalement, les quatre rivières sont donc dans un bon état vis-à-vis de ce paramètre si l'on fait exception des secteurs situés en amont des ouvrages de retenue, où les diminutions des vitesses d'écoulement engendrent un dépôt massif de sédiments et un colmatage important.

Reproduction des truites

Les principaux poissons concernés par la revitalisation des cours d'eau sont les salmonidés, dont le représentant le plus courant est la truite de rivière ou truite fario (*Salmo trutta fario*), qui vit dans la plupart des cours d'eau alpins bien oxygénés et dont le morphotype – principalement la pigmentation de la robe – varie fortement d'un cours d'eau à l'autre. La forme lacustre de la truite (*Salmo trutta lacustris*) est toutefois considérée comme une espèce très menacée en Suisse, en raison, notamment, de son mode particulier d'existence. Elle se reproduit dans les rivières où les juvéniles séjournent de un à trois

ans, avant de migrer dans le lac pour y poursuivre leur croissance. D'autres truitelles peuvent séjourner toute leur vie en rivière et devenir ainsi la forme fario de l'espèce.

Ces migrations sont aujourd'hui fortement compromises, notamment en raison des nombreux obstacles aménagés dans les cours d'eau tels que les seuils pour prises d'eau ou les barrages hydroélectriques. La reproduction naturelle de ces deux espèces indigènes devient elle aussi de plus en plus difficile, car les conditions requises pour le frai concernent à la fois les vitesses du courant, une faible profondeur mais aussi un substrat granulométrique homogène d'un diamètre compris entre 1 et 5 cm. Des repeuplements artificiels sont entrepris et posent le problème de l'hybridation entre les truites sauvages et celles «domestiques» provenant de piscicultures.

Certains lacs d'altitude abritent l'omble chevalier (*Salvinus alpinus*) et quelques espèces d'Amérique du Nord présentes dès la fin du XIX^e siècle telles que la truite arc-en-ciel (*Onchorhynchus mykiss*), le saumon de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) et la cristivomer (*Salvelinus namaycush*).

Sur cinquante-deux espèces répertoriées en Suisse à la fin du XIX^e siècle, sept ont disparu et trente-quatre sont devenues rares ou menacées (PEDROLI 1995). Le projet de recherche ichtyologique «Fishnetz» a ainsi été lancé en 1998 par l'EAWAG et l'OFEFP pour analyser les causes éventuelles de ce déclin, qui ont été regroupées en douze hypothèses traitant notamment de la morphologie et de la qualité des cours d'eau, de la gestion de la pêche et des régimes hydrologiques.

Perspectives et mesures

Si les corrections et captages des ruisseaux, des rivières et des fleuves ont permis à une grande partie du territoire suisse de se développer économiquement, l'espace grignoté sur les zones autrefois inondées a toujours été touché par des catastrophes dues aux crues, comme le montre la récurrence d'événements catastrophiques depuis 1987 (VISCHER 2003 ; OFEG 2002).

Ces dernières années, des concepts de protection durable contre les crues sont apparus pour redonner de l'espace au cours d'eau de petites et moyennes dimensions – qui représentent 70 à 80 % du réseau hydrographique suisse – en (re)créant des zones inondables (OFEG 2001). Il s'agit désormais de pondérer les avantages écologiques de telles situations et leurs inconvénients pour la société ou l'économie, en tâchant d'intégrer tous les intérêts des domaines concernés par la gestion de l'eau. Cette démarche à caractère durable trouve ses origines au début des années 1970, lorsqu'une politique systématique de protection qualitative des eaux est introduite au niveau fédéral par la Loi fédérale sur la protection des eaux contre la pollution (LPEP) du 8 octobre 1971. Dès 1991, la LEaux fixe des objectifs de protection à la fois qualitatifs et quantitatifs par le maintien de débits résiduels dans les cours d'eau (article 31); presque simultanément, la Loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau (LACE) du 21 juin 1992 devient l'expression de la protection durable contre les crues.

Une utilisation des cours d'eau en accord avec la nature est désormais encouragée par des incitations financières. Comme l'amélioration qualitative de la morphologie et du tracé des cours d'eau ne peut se réaliser qu'en octroyant un espace suffisant de part et d'autre des berges, les zones agricoles touchées devraient pouvoir être intégrées dans les surfaces de compensation écologique sous condition de les exploiter de manière appropriée. L'agriculteur bénéficierait aussi bien de paiements directs que de contributions supplémentaires pour une prestation écologique particulière.

Mais la revitalisation des cours d'eau est très récente et on ne dispose pas encore d'études à long terme. Des évaluations à court terme montrent que le succès des mesures de renaturation n'est pas toujours garanti, du fait que de nombreux projets n'ont pas atteint leur objectif car ils ne reposaient pas sur une bonne compréhension des processus géomorphologiques, hydrologiques et écologiques (PETER 2000). Souvent, l'accent est mis sur une amélioration spécifique et mécanique de l'habitat profitant à des espèces piscicoles sélectionnées tandis que les problèmes fondamentaux, comme le manque de reproduction naturelle des poissons, ne sont pas résolus. Les projets réalisés sont souvent limités à de très courts tronçons, l'ensemble du système hydrographique étant généralement considéré de manière insuffisante. Les problèmes de débit résiduel ou de charriage des sédiments ne peuvent être résolus qu'au niveau du bassin versant, une approche à petite échelle ne conduisant pas au succès. D'autre part, la connectivité des cours d'eau est pour les poissons une question centrale qui ne peut être traitée qu'au niveau du bassin versant. En rapport avec leur âge, les individus se déplacent entre le cours d'eau principal et les cours d'eau latéraux ou entre les courants et les zones plus calmes. Le diagnostic environnemental des cours d'eau, ainsi que des études antérieures, proposent plusieurs mesures, visant notamment à rétablir la connectivité longitudinale du cours d'eau. Dans les Dranses, de nombreux seuils infranchissables par les truites (**photo 7**) ont été répertoriés qui pourraient être facilement supprimés, notamment en aval de Sembrancher. La construction d'une passe à poissons est envisagée aux Trappistes dans le cadre du retour des concessions de l'aménagement. Un aménagement du canal de restitution des eaux turbinées par les FMMB à Martigny-Bourg est également prévu, les vitesses d'écoulement créant un obstacle infranchissable pour les salmonidés remontant depuis le Rhône.

En plus de la connectivité longitudinale d'un cours d'eau, la connectivité latérale avec les affluents revêt une importance particulière. La zone de berge est un éco-

	BAGNES	ENTREMONT	FERRET	AVAIL
Sinuosité [% classe I]	33.8	53.8	61.18	16.4
Variabilité de la largeur du lit mouillé [% classes III et IV]	39.8	30	14.2	58
Structure et morphologie des fonds [% classes III et IV]	0.6	6.1	0	6.6
Annexes alluviales [% classes II, III et IV]	72.8	60	5	84
Continuité et épaisseur de la ripisylve [% classes I et II]	36	52.7	71	10
	38	47	69	30
Déficit écologique global [% Classe I et II]				
	33	18	10	48.9

TABLEAU 2 – Ecomorphologie des Dranses. Légende : Classe I (état naturel ou proche de l'état naturel), Classe II (peu atteint), Classe III (très atteint) et Classe IV (dénaturé, artificialisé).

système à part entière qui doit être diversifié. La végétation des rives peut être considérée comme un filtre contre les influences néfastes (polluants, fertilisants, particules fines) et joue un rôle positif par rapport à la régulation de la température de l'eau, en portant ombrage. Les arbres et buissons bordant les cours d'eau doivent être considérés comme une réserve de structures en tant qu'apport de bois surtout. Les besoins nutritionnels des poissons sont également liés à la végétation des rives: les cours d'eau présentant une végétation des rives intacte bénéficient d'un apport plus élevé d'animaux nourriciers terrestres.

Les relevés écomorphologiques des Dranses ont révélé que les annexes alluviales – anciens lits, bras secondaires, forêts inondables, marais, étangs – étaient réduites, voire supprimées dans les quatre bassins versants (tab. 2).

Un secteur du cours inférieur de la Dranse en aval de Martigny, qui était autrefois un secteur important de frayères pour les truites lacustres du Léman, devrait être revitalisé. A l'image des cours d'eau débouchant dans la plaine du Rhône, ce secteur est dans un état dénaturé avec un tracé rectiligne et canalisé entre des murs en béton étanches, sans aucune variabilité de la largeur de lit mouillé. Un fort colmatage aggrave encore la qualité d'un substrat peu diversifié et uniforme. Des teneurs élevées en ions ammonium (NH_4^+) révèlent l'existence de rejets d'eaux usées non épurées en amont. Tous ces paramètres ont rendu ce tronçon peu intéressant en tant que milieu de vie pour la truite. Trois variantes sont pour l'instant envisagées, qui apporteraient d'un point de vue environnemental et paysager une sensible amélioration de l'état existant, en augmentant la surface des milieux alluviaux et terrestres. Ces variantes se basent sur les prescriptions légales en vigueur et impliquent notamment un élargissement du lit mouillé et la création d'un lit majeur en rive droite ou gauche avec des anses inondables connectées au lit mineur le long de la zone agricole, entraînant une perte de quelques hectares de cette dernière. Ces mesures de revitalisation permettraient d'améliorer d'une classe l'état écomorphologique des deux tronçons considérés, sans toutefois atteindre les objectifs de l'article 37 (Endiguements et corrections de cours d'eau) al. 2 de la LEaux¹⁰. La restauration d'une dynamique alluviale créerait des milieux favorables à l'habitat et à la reproduction des truites, ainsi qu'une amélioration et une diversification de la structure du fond du lit.

CONCLUSION

Cet article a présenté un bref aperçu des impacts environnementaux que les captages hydroélectriques peuvent engendrer dans des domaines touchant aussi bien le paysage, la faune aquatique que la géomorphologie. Si les relevés écomorphologiques n'ont couvert qu'un aspect bien spécifique des rivières étudiées et ont permis d'évaluer les atteintes sur des tronçons de cours d'eau, des améliorations sensibles de l'état des Dranses devraient voir le jour d'ici l'horizon 2012 lorsque les mesures d'assainissement seront réalisées. Celles-ci devront, comme l'a précisé PETER (2000), être réalisées dans la mesure du possible à l'échelle du bassin versant. Rappelons par exemple que même si des débits de dotation sont prévus en 2005, le maintien de ces dotations plus en aval n'est à l'heure actuelle pas encore résolu. Les futurs débits de dotation octroyés par les Forces Motrices d'Orsières à l'aval des prises de l'A et de la Tsi dès juillet 2005 risquent d'être captés par Romande Energie à Orsières ou par les FMMB aux Trappistes et n'amélioreront donc la situation que sur quelques kilomètres. De plus, la directive d'assainissement (SFH et al. 2002a) indique que les éventuelles mesures doivent être entreprises en garantissant aussi les objectifs sécuritaires et socio-économiques. Il s'agira d'éviter que les prélèvements d'eau n'accroissent le risque pour les riverains par rapport à une situation sans prélèvement, en appréciant la situation à moyen et long terme. L'entretien des cours d'eau devra:

- éviter la création d'embâcles et la réduction des profils d'écoulement;
- garantir la cohérence avec la notice d'impact sur les purges et vidanges;
- assurer la coordination avec la protection contre les crues, les cadastres de zones inondables, l'utilisation de crues artificielles, etc.

Dès lors, la difficulté d'harmoniser ces différents objectifs mais aussi la nécessité absolue de garantir la sécurité des personnes risquera de primer parfois sur le maintien de biotopes naturels et les autres fonctions biologiques que remplissent les cours d'eau.

Si personne aujourd'hui ne conteste la nécessité de revitaliser nos cours d'eau, il reste encore à savoir qui financera ces mesures. Dans le canton de Berne, 10 % de la redevance hydraulique annuelle versée au canton (soit 3 millions de francs) est affecté à la revitalisation des cours d'eau tandis que dans le canton de Genève, le principe de renaturation des cours d'eau a été inscrit dans la loi sur les eaux (L 205) adoptée en 1997 et au moins 10 millions de francs par année servent à la revitalisation des cours d'eau. En Valais, la troisième correction du Rhône fournira une impulsion supplémentaire à ce formidable défi qui est de redonner vie à nos cours d'eau.

10 Art. 37, al. 2: Lors de ces interventions, le tracé naturel des cours d'eau doit autant que possible être respecté ou rétabli. Les eaux et les rives doivent être aménagées de façon à ce que: a. elles puissent accueillir une faune et une flore diversifiées; b. les interactions entre eaux superficielles et eaux souterraines soient maintenues autant que possible; c. une végétation adaptée à la station puisse croître sur les rives.



REMERCIEMENTS

Mes remerciements s'adressent à M. Pierre-Benoît Raboud, chef du Service des forces hydrauliques de l'Etat du Valais, qui a mandaté cette étude, et à M. Emmanuel Reynard, qui a dirigé ce mémoire et qui fut présent tout au long de la réalisation de ce travail, pour ses précieux conseils et sa grande disponibilité. Je remercie également M^{me} Régine Bernard, pour ses connaissances et son expérience en matière de relevés écomorphologiques ainsi que la société des pêcheurs du district d'Entremont et spécialement MM. Christian Emonet et Jean-Gabriel Morand pour m'avoir fait découvrir leur magnifique région.

BIBLIOGRAPHIE

- EMMENEGGER, C. & B. SCHÄDLER 1995. Cycles naturels et influences de l'eau dans le bassin du Rhône jusqu'au Léman. *Bull. Murithienne* 112/1994:17-21.
- FORCES MOTRICES D'ORSIÈRES (FMO) 1991. *Unification des échéances des concessions de l'usine d'Orsières*. Rapport d'impact sur l'environnement, étude sectorielle «Hydrobiologie faune flore et forêts» 72 pp. et annexes.
- FORCES MOTRICES DE MAUVOISIN 1993. *Projet d'aménagement hydroélectrique Mauvoisin II – augmentation de la puissance 550 MW*. Rapport d'impact sur l'environnement, 293 pp.
- OFEG 2001. *Protection contre les crues des cours d'eau*. Directives de l'OFEG, Berne, 72 pp.
- 2002. *La protection contre les crues au fil du temps, une affaire de spécialistes qui nous concerne tous*. Brochure éditée à l'occasion du 125^e anniversaire de l'entrée en vigueur de la loi sur la police des eaux, Berne, 15 pp.
- 2003. *Plongée dans l'économie des eaux*. OFEG, Berne, 23 pp.
- OFFEP 1994. Conséquences écologiques des curages des bassins de retenue. *Cahiers de l'environnement* N° 19, Berne, 47 pp.
- 1998a. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Système modulaire gradué. *Informations sur la protection des eaux* N° 26. Berne, 43 pp.
- 1998b. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Ecomorphologie niveau R (région). *Informations sur la protection des eaux* N° 27. Berne, 49 pp.
- 2002. Zones alluviales et revitalisation. *Fiche zones alluviales* N° 5, 12 pp.
- PEDROLI, J.-C. 1995. La régénération des écosystèmes aquatiques. *Bull. Murithienne* 112/1994: 33-41.
- PETER, A. 2000. Les poissons profitent-ils de la renaturation des cours d'eau? *FISHNETZ-INFO*, projet «Réseau suisse poissons en diminution» N° 5 septembre 2000, OFFEP et EAWAG: 29-30.
- 2001a. De l'espace pour les cours d'eau – un projet de recherche de l'EAWAG et du FNP. *FISHNETZ-INFO*, projet «Réseau suisse poissons en diminution», N° 8, décembre 2001. OFFEP et EAWAG, 26 pp.
- 2001b. Le système modulaire gradué suisse. Eléments de base pour l'évaluation des cours d'eau. *EAWAG news* 51: 7-9.
- REYNARD, E. & MAUCH, C. 2003. Régimes institutionnels de l'eau en Suisse: les cas du Seetal, de la Dranse de Bagnes, de la Maggia et de la Thur. In: KNOEPFEL P., KISSLING-NÄF I., VARONE F. (Hrsg./éds): *Institutionnelle Regime für natürlicher Ressourcen in Aktion*, Basel/Genf/München, Helbing & Lichtnhahn: 205-296.
- ROSSET, M. 1990. *La Dranse de Ferret, une hydrologie modifiée par les aménagements hydroélectriques, ses implications sur les débits et le transport de la charge sédimentaire*. Mémoire de licence, Institut de Géographie, Université de Lausanne, 120 pp. (non publié).
- SFH 2002a. *Directive pour l'élaboration des demandes d'autorisation de purges et vidanges (selon LEaux art. 40) et cahier des charges de la notice d'impact des purges et vidanges*. 29 pp. (non publié).
- 2002b. *Directive pour les rapports d'assainissements sur les cours d'eau selon LEaux, art. 80 al. 1 et 2*. 35 pp. (non publié).
- SPREAFICO, M. et al. 1992. *Atlas hydrologique de la Suisse, Classeur 2*. Service hydrologique national, Office fédéral des eaux et de la géologie.
- THELER, D. 2003. *Revitalisation et assainissement des cours d'eau en Valais, Etude préliminaire dans les bassins versants des trois Dranses*. Mémoire de licence, Institut de Géographie, Université de Lausanne, Faculté des Lettres, 222 pp., 2 vol. (non publié).
- 2004. *Revitalisation et assainissement des cours d'eau en Valais, Etude préliminaire dans les bassins versants des trois Dranses*. *Bulletin de l'ARPEA. Journal Romand de l'Environnement* N° 220: 7-19.
- TÖDTER, U. 1998. Les cours d'eau naturels – en tête de liste des écosystèmes menacés. In: CIPRA. *Premier rapport sur l'état des Alpes*. Polycopié Gestion des ressources en eau dans les régions de montagne 2002, Institut de géographie de l'Université de Lausanne (IGUL).
- THOMMEN 2000. Nos cours d'eau pourront se laisser aller. *Magazine Environnement* 1/2000: 12-15.
- VISCHER, D. 2003. Histoire de la protection contre les crues en Suisse. *Rapports de l'OFEG, Série Eaux* N° 5. Berne, 209 pp.